پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۸، صفحهٔ ۲۳-۱۲
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 12-23 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66470

بررسی پارامترهای ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی و فیزیولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش خشکی

هادی افضلی[1]، مهدی مهیجی[2*]، حسن فرحبخش[3]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان، h.afzaligorouh@gmail.com
۲. استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳. دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، hfarahbakhsh@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۲

چکیده

تنش خشکی بزرگ‌ترین عامل محدودکنندهٔ رشد و عملکرد نخود در کشور است. به‌منظور برآورد تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و تعیین روابط بین صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک، ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی در قالب دو طرح لاتیس ساده (۸×۸) در شرایط خشکی آخر فصل و آبیاری با دو تکرار در سال زراعی۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد بررسی قرار گرفتند. تنش خشکی در مرحله ۵۰درصد گل‌دهی اعمال شد. صفات عملکرد، اجزای عملکرد، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه، شاخص اسپد، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شدند. در شرایط نرمال صفت دوره پُرشدن دانه و تعداد برگچه‌ها با مقادیر ۱۱/۰۷ و ۹/۱۳درصد بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش صفات فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای دارای بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی (به‌ترتیب ۳۳/۱۴ و ۳۱/۷۶) بودند. تجزیه علیت در هر دو محیط نرمال و تنش نشان داد که سرعت پُرشدن دانه بیشترین اثر مستقیم را به‌ترتیب با مقادیر ۰/۵۲۷ و ۰/۷۰۲ بر روی عملکرد دانه داشت. در شرایط نرمال پس از سرعت پُرشدن دانه، صفات تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و دوره پُرشدن دانه و در شرایط تنش، دوره پُرشدن دانه بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج، گزینش برای صفات فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای یا سرعت پُرشدن دانه می‌تواند در افزایش عملکرد نخود در شرایط تنش آخر فصل مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی آخر فصل، فتوسنتز خالص، وراثت‌پذیری، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات به‌شمار می‌رود. کل تولیدات حبوبات جهان در سال۲۰۱۴، بیش از ۷۷میلیون‌تُن بود که از این مقدار ۱۲درصد مربوط به گیاه نخود است. در مقیاس جهانی، از لحاظ تولید و سطح زیرکشت در بین حبوبات به‌ترتیب رتبه اول تا سوم مربوط به نخودفرنگی، لوبیا و نخود زارعی می‌باشد. نخود مهم ترین حبوبات در ایران است. طبق آخرین آمار سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد (فائو)، تولید نخود ایران در سال۲۰۱۴ میلادی ۲۶۱۰۰۰تن، سطح زیرکشت ۵۹۴،۴۸۹ هکتار و میانگین عملکرد دانه آن ۴۴۰کیلوگرم در هکتار تخمین زده شده است (FAO, 2014). نخود دارای مقدار پروتئین قابل توجهی است و از دیرباز در برنامه غذایی انسان مورد استفاده قرار می‌گرفته است و این قابلیت را دارد که جایگزین مناسبی برای پروتئین حیوانی در جیره غذایی شود. از طرف دیگر، نخود همانند دیگر گیاهان خانواده بقولات با همزیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا خصوصاً در شرایط دیم به خوبی می‌تواند در تناوب با غلات به‌ویژه گندم و جو قرار گرفته و باعث افزایش عملکرد گیاهان و همچنین افزایش باروری و حاصلخیزی خاک گردد (Kanouni & Malhotra, 2003). مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد این گیاه در اغلب نقاط جهان خشکی است. کشور ایران سالانه حدود۲۵۰میلی‌متر بارندگی دارد که این میزان حدود یک‌سوم مقیاس بارندگی جهان را شامل می‌شود. حدود ۹۰درصد کشور ایران در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (FAO, 2014). تنش خشکی از طریق تأثیرات مورفولوژیک و دخالت در چرخه بیوشیمیایی و فیزیولوژیک همچون فتوسنتز، ساختار عناصر غذایی و جذب تراوایی غشاهای سلولی، تغییراتی در متابولیسم و رشد گیاه ایجاد می‌نماید (Jaleel *et al*., 2009). در اقلیم معتدل و سردسیر، نخود به شیوه سنتی در فصل بهار کشت می‌شود. تنش گرما و کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و پس از آن

* **نویسنده مسئول:** mohayeji@uk.ac.ir

سبب افت عملکرد محصول می‌شود. امروزه تلاش برای ایجاد ارقام مقاوم به سرما و کشت نخود در فصل پاییز منجر به افزایش کارآیی مصرف آب و بهبود تولید و عملکرد محصول شده است (Guler *et al*., 2001; Mallu *et al*., 2015). عملکرد دانه نخود، با ویژگی‌هایی چون تعداد روز تا گل‌دهی، همبستگی منفی معنی‌دار و با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه جانبی، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌دار دارد (Meena *et al*, 2010). افزایش عملکرد نخود وابسته به صفات اصلی نظیر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک می باشد (Fayyaz & Talebi, 2009). در تحقیقی روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود مشخص شد که بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه نخود به‌ترتیب و مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته می‌باشد و از صفات مورد ارزیابی تعداد روز تا رسیدگی، اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه دارد (Guler *et al*., 2001). همچنین بررسی عملکرد ۱۵رقم نخود کابلی نشان داد که صفات مفید زراعی سهم ویژه‌ای در تولید دانه نخود دارند (Yucel *et al*., 2006). هدف از پژوهش حاضر، بررسی مقادیر تنوع ژنتیکی، صفات زراعی و فیزیولوژیکی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل و رابطه بین عملکرد و صفات زراعی و فیزیولوژیکی در شرایط فوق بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۶۴توده نخود کابلی که شامل دو رقم آرمان و آزاد، چهار رقم بومی استان کرمان، یک رقم بومی شازند (استان مرکزی)، یک رقم بومی ارس‌باران (آذربایجان شرقی) و ۵۶ژنوتیپ دریافت‌شده از مؤسسهٔ تحقیقات کشاورزی دیم کشور (جدول ۱) بود در قالب دو طرح لاتیس ساده (۸×۸)، به‌صورت جداگانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری تکمیلی با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با مقیاس جغرافیایی ۵۶درجه و ۵۸دقیقه طول شرقی، ۳۰درجه و ۱۵دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۵۴متر از سطح دریا در سال زراعی۱۳۹۵-۱۳۹۴ کشت شدند. کشت به‌صورت جوی و پشته و به‌روش دستی صورت گرفت. هر ژنوتیپ در دو ردیف یک‌متری در کنار خط داغ‌آب روی هر پشته کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها ۱۰سانتی‌متر و عمق کشت حدود ۶-۴ سانتی‌متر درنظرگرفته شد. برای مبارزه با علف‌های‌هرز روش زراعی و وجین به‌صورت دستی استفاده شد. تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله ۵۰درصد گل‌دهی اعمال شد. برداشت زمانی که حدود ۹۰درصد بوته‌های کرت‌ها رسیده بودند، انجام گرفت.

جدول ۱- اسامی ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی مورد ارزیابی

Table 1. Name of 64 chickpea Kabuli genotypes

TDS34	landRace1	FLIP07-4C	FLIP03-50C
TDS265	landRace2	FLIP07-6C	FLIP03-70C
TDS290	landrace3	FLIP07-8C	FLIP03-98C
TDS262	landrace4	FLIP07-26C	FLIP03-101C
TDS154	TDS284	FLIP07-33C	FLIP03-128C
TDS428	TDS188	FLIP07-45C	FLIP05-18C
TDS167	TDS49	FLIP07-46C	FLIP05-19C
TDS184	TDS11	FLIP07-52C	FLIP05-145C
TDS149	TDS311	FLIP07-65C	FLIP05-147C
TDS176	TDS48	FLIP07-75C	FLIP05-157C
TDS159	TDS181	FLIP07-81C	FLIP05-162C
TDS119	TDS242	FLIP07-110C	FLIP06-37C
TDS299	TDS288	FLIP07-127C	FLIP06-52C
TDS178	TDS319	FLIP08-38C	FLIP06-88C
TDS314	TDS59	Arman	FLIP06-157C
TDS296	TDS192	Azad	FLIP07-3C

صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، نوع برگچه‌ها، تعداد برگچه‌ها، تعداد شاخه ثانویه، روز تا گل‌دهی، روز تا غلاف‌دهی، روز تا رسیدگی، وزن کل بوته، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، شاخص اسپد، میزان هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص بود. صفت شاخص اسپد به وسیله دستگاه کلروفیل‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری، سه بوته انتخاب گردید و از هر بوته، ۱۰نمونه اندازه‌گیری شد. میانگین اندازه‌گیری‌ها به عنوان شاخص اسپد برای هر کرت مورد محاسبه قرار گرفت. صفات هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص توسط دستگاه فتوسنتزمتر CIBOL-Science

ساخت کشور آمریکا مدل CL.340 اندازه‌گیری شدند. از هر کرت سه نمونه برای اندازه‌گیری انتخاب شد. پس از اندازه‌گیری داده‌ها فرض‌های تجریه واریانس شامل فروض نرمال‌بودن داده ها و همگنی واریانس‌ها مورد آزمون قرار گرفت. تجزیه طرح لاتیس، تجزیه داده‌ها به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی و محاسبه پارامترهای ژنتیکی شامل ضریب تغییرات ژنوتیپی(CVg)، فنوتیپی (CVp)، وراثت‌پذیری(h^2) و کارآیی گزینش (R) برای صفاتی که میانگین مربعات ژنوتیپ آن‌ها معنی‌دار بود، انجام شد.

ضریب تنوع ژنتیکی از رابطه۱ محاسبه گردید.

$$CVg = {}^{\sigma_G}/_{\bar{x}} \times 100 \quad (۱)$$

که در این رابطه CVg ضریب تنوع ژنتیکی، σ_G انحراف معیار ژنتیکی و $\bar{x}$ میانگین صفات بود. ضریب تنوع فنوتیپی نیز باتوجه به رابطه۲ محاسبه شد.

$$CVp = {}^{\sigma_P}/_{\bar{x}} \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه CVp ضریب تغییرات فنوتیپی، σ_P انحراف معیار فنوتیپی و $\bar{x}$ میانگین صفات بود. وراثت‌پذیری عمومی در این تحقیق از فرمول۳ به‌دست آمد.

$$h_b^2 = {}^{\sigma_G^2}/_{\sigma_P^2} \times 100 \quad (۳)$$

در این رابطه h_b^2 وراثت‌پذیری عمومی، σ_G^2 واریانس ژنتیکی و σ_P^2 واریانس فنوتیپی بود. کارآیی گزینش (R) نیز از فرمول ۴ محاسبه شد.

$$R = ih_n^2\sigma_P \quad (۴)$$

در این رابطه i شدت انتخاب باگزینش ۱۰درصد برابر(۱/۶۹۴)، h_n^2 وراثت‌پذیری خصوصی و σ_P انحراف معیار فنوتیپی بود.

روابط بین صفات نیز با استفاده از تجزیه علیت مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات با استفاده از برنامه‌های Genstat و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها

با توجه به عدم وجود مزیت نسبی برای طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی، تجزیه واریانس به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. همچنین با توجه به عدم همگنی واریانس خطا در دو محیط نرمال و تنش براساس آزمون لون تجزیه واریانس برای دو محیط فوق‌الذکر به‌صورت جداگانه انجام گرفت.

نتایج تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط نرمال برای صفات فنولوژیک و مورفولوژیک تعداد روز تا شاخه دهی ثانویه، تعداد روز تا گل‌دهی تعداد روز تا غلاف‌دهی و تعداد برگچه‌ها، بیانگر اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۲). اما در صفات ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در میان صفات زراعی تنها در صفت وزن۱۰۰دانه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در صفات فیزیولوژیک نیز ژنوتیپ‌ها در صفت دوره پُرشدن دانه اختلاف بسیار معنی‌دار با یکدیگر نشان دادند. گرچه در مورد صفات سرعت پُرشدن دانه، شاخص اسپد، فتوسنتز خالص و میزان هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. در یک بررسی روی تعدادی ژنوتیپ نخود کابلی نشان داده شد که برای صفات تعداد شاخه اولیه و تعداد شاخه ثانویه اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد و اما برای صفت تعداد روز تا رسیدگی در مطالعه آن‌ها اختلاف غیرمعنی‌دار مشاهده شد (Zali *et al.*, 2011). این نتایج مؤید نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های نخود کابلی در شرایط نرمال

Table 2. Analysis of variance for studied traits in Kabuli chickpea lines under normal condition

صفت Trait	DSB	DF	DPS	DM	PH	LN	NSP	SW	NPP
تکرار Rep.	0.01	24.5	86.13	7.51	1436.7	7.19	0.25	583.56	2779.78
ژنوتیپ Genotype	24.23^{**}	59.85^{**}	93.81^{**}	22.77^{ns}	107.49^{ns}	3.98^{**}	0.037^{ns}	47.45^{+}	261.64^{ns}
خطا Error	9.06	11.2	23.58	19.02	96.04	0.75	0.03	34.25	216.13

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

ns, * and **: indicating non-significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

DSB روز تا شاخه دهی ثانویه، DF روز تا گل‌دهی، DPS روز تا غلاف‌دهی، DM روز تا رسیدگی، PH ارتفاع بوته، LN تعداد برگچه‌ها، SW وزن۱۰۰دانه، NPP تعداد غلاف در بوته

DSB: Day to secondary branch, DF: Day to flowering, DPS: Day to pod setting, DM :Day to maturity, PH: Plant height, LN: Leaflet number, SW: 100 Seed weight, NPP: Number of pod per plant

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

صفت Trait	BY	NSPP	SY	HI	SFP	SFR	SPAD	NP	SC
تکرار Rep.	7823.89	15936.9	2.16	0.09	4.88	1.89	813.05	18.18	1400.81
ژنوتیپ Genotype	194.63^{ns}	652.56^{ns}	0.04^{ns}	0.006^{ns}	58.67**	0.05^{ns}	68.38^{ns}	4.79^{ns}	291.775^{ns}
خطا Error	236.64	559.140	0.06	0.01	25.14	0.05	89.62	5.599	233.373

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

ns, * and **: indicating non-significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

BY عملکرد بیولوژیک، NSPP تعداد دانه در بوته، SY عملکرد دانه، HI شاخص برداشت، SFP دوره پُرشدن دانه، SFR سرعت پُرشدن دانه، SPAD شاخص اسپد، NP فتوسنتز خالص، SC هدایت روزنه‌ای

BY Biological yield, NSPP Number of seed per plant, SY Seed yield, HI harvest index, SFP Seed filling period, SFR Seed filling rate, SPAD SPAD index, NP Net photosynthesis, SC Stomatal conductance

نتایج تجزیه واریانس در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف در همه صفات فنولوژیک و مورفولوژیک مورد بررسی به جز دو صفت ارتفاع بوته و تعداد برگچه اختلاف بسیار معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۳). نکته قابل‌توجه در این بین، معنی‌داربودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها برای صفت روز تا رسیدگی در شرایط تنش به‌رغم وجود اختلاف غیرمعنی‌دار در این صفت در شرایط نرمال است. بررسی صفات زراعی در شرایط خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در کلیه صفات زراعی به‌جُز عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی‌دار داشتند و در صفات فیزیولوژیک از لحاظ صفت دوره پُرشدن دانه، فتوسنتر خالص و هدایت روزنه‌ای بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در آزمایشی روی۳۰ژنوتیپ نخود کابلی در شرایط تنش خشکی صفات روز تا گل‌دهی و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها داشتند (Ganjeali *et al*., 2011). در پژوهش دیگری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد و قابلیت توارث آن‌ها بین ژنوتیپ‌های نخود، صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع اختلاف معنی‌داری داشتند (Kakaii *et al*., 2015). طبق نتایج (جدول ۳) صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد و شاخص برداشت در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، ولی در شرایط تنش میانگین مربعات این صفات معنی‌دار بود. از آنجا که نخود گیاهی رشد نامحدود است، آبیاری در انتهای دوره رشد سبب جبران عملکرد و صفات وابسته به آن در انواع دیررس می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های ضعیف‌تر با ادامه‌یافتن فصل رشد قادر به جبران اختلاف عملکرد خود با ژنوتیپ‌های برتر هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه در لاین‌های نخود کابلی در شرایط تنش

Table 3. Analysis of variance for studied traits in Kabuli chickpea lines under drought stress condition

صفت Trait	DSB	DF	DPS	DM	PH	LN	NSP	SW	NPP
تکرار Rep.	0.63	10.12	205.03	124.03	132.37	0.59	0.05	124	371.28
ژنوتیپ Genotype	10.46**	37.38**	56.5**	16.63**	54.22^{ns}	1.81^{ns}	0.023^{ns}	41.72**	295.24*
خطا Error	4.47	7.51	12.62	8.87	50.08	1.53	0.03	13.93	166.88

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

ns, * and **: indicating non-significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

برای اختصارات به جدول ۲ مراجعه شود.

See Table 2 for abbreviations.

ادامه جدول ۳
Table 3. Continued

صفت Trait	BY	NSPP	SY	HI	SFP	SFR	SPAD	NP	SC
تکرار Rep.	339.6	1557.15	0.54	0.08	205.03	0.1	413.64	11.72	1075.45
ژنوتیپ Genotype	80.15^{ns}	290.46^{ns}	0.12**	0.01**	21.81*	0.02^{ns}	53.55^{ns}	3.16**	317.18*
خطا Error	78.13	209.87	0.05	0.01	12.92	0.02	46.86	1.72	194.06

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

ns, * and **: indicating non-significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

برای اختصارات به جدول ۲ مراجعه شود.

See Table 2 for abbreviations.

برآورد پارامترهای ژنتیکی

قبل از انتخاب روش به‌نژادی، آگاهی به منابع با تنوع ژنتیکی بالا و تعیین وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی به موفقیت بیشترِ برنامه به‌نژادی کمک می‌کند. در این راستا گزینش بیشتر بر روی صفاتی متمرکز می‌شود که تنوع گسترده تر و وراثت‌پذیری بیشتری دارند. جهت تعیین میزان تنوع موجود در ژنوتیپ‌های این مطالعه، پارامترهای ژنتیکی برای صفاتی که میانگین مربعات ژنوتیپ آن‌ها معنی‌دار بود، محاسبه شد. مشخصه‌های ژنتیکی صفات مورد بررسی شامل ضریب تغییرات ژنوتیپی(CVg)، فنوتیپی (CVp)، وراثت‌پذیری(h^2) و کارآیی گزینش (R) در شرایط نرمال (جدول ۴) آمده است. بالاترین میزان CVg به‌ترتیب به صفات دوره پُرشدن دانه، تعداد برگچه‌ها و وزن۱۰۰دانه با مقادیر ۱۱/۱، ۹/۱۳ و ۸/۴ مربوط بود. ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان‌دهنده میزان تنوع صفات در لاین‌های مختلف است. تنوع بالای ژنوتیپ‌ها امکان بهبود صفات در آینده را فراهم می‌آورد و در میزان سودمندی انتخاب مؤثر است (Subhashchandra *et al.*, 2009).

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در لاین‌های نخود کابلی در شرایط نرمال
Table 4. Estimation of genetic parameters of studied traits in Kabuli chickpea lines under normal condition

صفات Traits	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	واریانس ژنتیکی Genotypic variance	وراثت‌پذیری Heritability	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	کارآیی گزینش Selection efficiency
تعداد روز تا شاخه دهی ثانویه Days to secondary branch	16.642	7.587	45.591	3.935	5.828	9.2995
تعداد روز تا گل‌دهی Days to flowering	35.523	24.32	68.477	6.234	7.534	20.406
تعداد روز تا غلاف‌دهی Days to pod setting	58.69	35.11	59.830	6.646	8.592	22.918
وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight	40.850	6.605	16.169	8.448	21.010	5.167
تعداد برگچه Leaflet number	2.3640	1.618	68.443	9.1316	11.037	5.2617
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	41.904	16.767	40.013	11.078	17.514	12.950

در یک بررسی روی۲۰ژنوتیپ نخود در شرایط آبیاری تکمیلیCVg صفات عملکرد، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه به‌ترتیب برابر با ۳۲/۶۱، ۲۸/۶۲، ۲۵/۴۱ و ۸/۰۸ به‌دست آمد (Moucheshi *et al.*, 2010).

همچنین بیشترین CVpدر این مطالعه به‌ترتیب مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه و دوره پُرشدن دانه با مقادیر ۲۱درصد و ۱۷/۵درصد بود. برآورد وراثت‌پذیری (جدول ۴) در شرایط نرمال نشان داد که صفات روز تا گل‌دهی با مقدار ۶۸/۴۷ و پس

از آن صفات تعداد برگچه‌ها، روز تا غلاف‌دهی و روز تا شاخه دهی ثانویه به‌ترتیب با مقادیر ۶۸/۴۴ ۵۹/۸۳ و ۴۵/۵۹ بیشترین وراثت‌پذیری را به خود اختصاص دادند. در تحقیقی مشابه بیش‌ترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب به ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد روزتا گل‌دهی تعلق گرفت (Yucel *et al*., 2006). در بررسی دیگری بیشترین مقدار وراثت‌پذیری به‌ترتیب به صفات روز تا شاخه‌دهی ثانویه، وزن۱۰۰دانه و تعداد روز تا گل‌دهی اختصاص یافت (Hassan *et al*., 2008). نتایج برای صفت پاسخ به گزینش نشان داد که بالاترین پاسخ به گزینش به صفات روز تا غلاف‌دهی و روزتا گل‌دهی با مقادیر ۲۲/۹ و ۲۰/۴۱درصد اختصاص یافت. محققان معتقدند که به نژادگران نخود باید برآوردهای وراثت‌پذیری و بهره ژنتیکی ناشی انتخاب را با هم درنظر بگیرند (Singh *et al*., 1990). وراثت‌پذیری بالای صفات نشان می‌دهد که صفت کمتر تأثیر عوامل محیطی است و انتخاب مستقیم برای صفت مذکور مؤثر می‌باشد (Farshadfar & Farshadfar, 2008).

مشخصه‌های ژنتیکی صفات مورد بررسی در شرایط تنش (جدول ۵) نشان داد که بالاترین برآورد وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش خشکی به صفت روز تا گل‌دهی با مقدار ۶۶/۵درصد تعلق گرفت و پس از آن صفات روز تا غلاف‌دهی و وزن۱۰۰دانه به‌ترتیب با مقادیر ۶۳/۴۸ و ۴۹/۹۵درصد بیشترین وراثت‌پذیری را به خود اختصاص دادند. بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی به صفات فیزیولوژیک هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص با مقادیر ۳۳/۱۴ و ۳۱/۷۶ تعلق گرفت. این مطلب بیانگر تنوع ژنتیکی مطلوب در صفات یادشده است. در شرایط تنش، محدودیت‌های روزنه‌ای مهم‌ترین عوامل در کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌باشند (Mafakheri *et al*., 2010). ارقام مقاوم طی تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی مقدار فتوسنتز خود را بالا نگه می‌دارند (Rahbarian *et al*., 2011). از این رو استفاده از این تنوع ژنتیکی گسترده و گزینش برای هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز بالا در شرایط تنش خشکی به پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی برای تنش کمک شایانی خواهد نمود. لازم به ذکر است که وارثت پذیری این صفات (۲۹/۵۸ و ۲۴/۰۸) در مقایسه با سایر صفات از جمله تعداد غلاف در بوته و روز تا غلاف‌دهی نسبتاً کم بود. بازدهی گزینش مستقیم برای هدایت روزنه‌ای بعد از صفت تعداد غلاف در بوته بالاترین میزان (۱۹/۲۵) را در این مطالعه داشت، در حالی که بازدهی گزینش برای صفت فتوسنتز خالص به‌رغم اهمیت آن، چشمگیر نبود. در این شرایط برای استفاده مؤثر از تنوع ژنتیکی یادشده گزینش به کمک نشانگرها می‌تواند روند ایجاد ارقام متحمل جدید را بهبود دهد. در یک مطالعه روی RILهای نخود سه QTL بزرگ‌اثر برای هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی معرفی شد (Rehman *et al*., 2011). همچنین در مطاله دیگری روی اینبردلاین‌های برنج هشت QTL بزرگ‌اثر برای کنترل میزان فتوسنتز گزارش شد (Teng *et al*., 2004). با توجه به تنش آخر فصل در مناطق کاشت نخود در ایران ایجاد ارقام زودرس نیز باید مد نظر قرار گیرد. صفت روز تا گل‌دهی یکی از صفات مهم برای ایجاد زودرسی است. در این مطالعه وراثت‌پذیری بالا و کارآیی گزینش متوسط برای صفت مذکور امکان اصلاح این صفت و ایجاد ارقام زودرس را با توجه به تنوع موجود نشان می‌دهد. در بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات زراعی ژنوتیپ‌های نخود پاییزه در شرایط دیم CVg برای صفات عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، روز تا رسیدگی و روز تا گل‌دهی به‌ترتیب مقادیر ۲۲/۹۲، ۴/۹، ۴/۵۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۲ گزارش شد (Kanouni, 2016). همچنین وراثت‌پذیری برای این صفات به‌ترتیب ۷۹/۴۲، ۷۵/۶۲، ۷۸/۲۶، ۵۴/۸۵، ۶۵/۵۸ گزارش شد. در مطالعه دیگری که در شرایط دیم روی ۲۰ژنوتیپ نخود انجام گرفت، CVg صفات عملکرد، وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب ۴۷/۸۸، ۱۱/۵۶، ۳۷/۵۵ و ۳۷/۲۴ گزارش شد (Moucheshi *et al*., 2010). همچنین وراثت‌پذیری این صفات نیز به‌ترتیب در شرایط دیم برابر با ۹۳/۹۸، ۸۳/۹۲، ۸۳/۰۴ و ۸۳/۶۳ به‌دست آمد. مقدار وارثت‌پذیری و CVg برای صفات عملکرد در این مطالعه از دو مطالعه پیشین کمتر بود، البته وراثت‌پذیری عملکرد دانه در نخود به طور معمول کمتر از ۵۰درصد گزارش شده است (Tabasum *et al*., 2010, yadav *et al* ., 2015). وراثت‌پذیری بقیه صفات نیز در این تحقیق نسبت به دو تحقیق فوق‌الذکر نسبتاً کمتر بود. با توجه به وراثت‌پذیری بالاتر صفت وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش نسبت به عملکرد می‌توان از این صفات به خوبی در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد تحت شرایط تنش خشکی استفاده کرد.

جدول ۵: برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در لاین‌های نخود کابلی در شرایط تنش

Table5. Estimation of Genetic Parameters for Studied traits in Kabuli Chickpea Lines under Drought Stress Condition

صفات Traits	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	واریانس ژنتیکی Genotypic variance	وراثت‌پذیری Heritability	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	کارآیی گزینش Selection efficiency
روز تا شاخه‌دهی ثانویه Day to secondary branch	7.466	2.992	40.079	2.445	3.863	5.475
روز تا گل‌دهی Day to flowering	22.443	14.937	66.555	4.915	6.025	15.765
روز تا غلاف‌دهی Day to pod	34.559	21.9405	63.48616	5.434	6.821	18.660
روز تا رسیدگی Day to maturity	12.751	3.8787	30.417	1.828	3.3155	5.430
وزن۱۰۰دانه 100 Seed Weight	27.823	13.898	49.951	14.413	20.394	13.174
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	231.05	64.182	27.777	27.901	52.938	21.111
عملکرد دانه Seed yield	14.7077	2.491	16.941	21.448	52.109	3.248
شاخص برداشت Harvest index	0.0099	0.0049	49.907	23.029	32.598	0.249
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	17.366	4.446	25.603	7.251	14.331	5.334
فتوسنتز خالص Net Photosynthesis	2.443	0.721	29.58	33.147	61.001	2.307
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	255.627	61.559	24.08	31.762	64.724	19.251

بررسی روابط علت و معلولی صفات مورد بررسی در محیط نرمال و تنش خشکی

تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام در هر دو شرایط نرمال و تنش منجر به باقی‌ماندن صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته در مدل شد. نتایج تجزیه علیت در شرایط نرمال در جدول۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون سرعت پُرشدن دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود. همبستگی سرعت پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۹۲۳ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۵۲۷ برآورد شد. در اثر غیرمستقیم سرعت پُرشدن دانه بر عملکرد از طریق صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و تعداد دانه به‌ترتیب مقادیر ۰/۰۸۷۸۵۴، ۰/۰۵۶۷۳- و ۰/۳۶۵۰۹۲ بود. همبستگی وزن۱۰۰دانه با عملکرد ۰/۴۲۲ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۲۱۸ بود. اثر غیرمستقیم وزن۱۰۰دانه از طریق دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۰۴۳۱، ۰/۲۱۲۳۸۱ و ۰/۰۰۱۳۲۶ به‌دست آمد. همچنین همبستگی دوره پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۰۲۷ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۱۸۳ بود. همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد ۰/۸۷۵ بود که سهم اثر مستقیم ۰/۴۴۲ اختصاص یافت. در اثر غیرمستقیم تعداد دانه در بوته مقادیر ۰/۰۰۰۶۵۴، ۰/۰۰۲۲- و ۰/۴۳۵۳۰۲ به‌ترتیب مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و سرعت پُرشدن دانه بود. اثر غیرمستقیم قابل‌توجه سرعت پُرشدن دانه از طریق تعداد دانه مؤید این مطلب است که هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، در واقع مخزن‌های بیشتر و قوی تری برای انتقال مواد فتوسنتزی وجود دارد که باعث بالارفتن سرعت انتقال مواد به این مخازن و در نتیجه افزایش سرعت پُرشدن دانه می‌گردد.

نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی برای صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته در جدول۷ ارائه شده است. در شرایط تنش نیز سرعت پُرشدن دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود. همبستگی سرعت پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۹۵۹ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۷۰۲ محاسبه شد.

جدول ۶- نتایج تجزیه علیت در شرایط نرمال

Table 6. Results of pathway analysis under normal condition

	وزن۱۰۰دانه **100 seed weight**	دوره پُرشدن دانه **Seed filling period**	سرعت پُرشدن دانه **Seed filling rate**	تعداد دانه در بوته **Number of seed per plant**	اثر مستقیم **Direct effect**	همبستگی **correlation**
وزن۱۰۰دانه 100 seed weight		0.010431	0.212381	0.001326	0.218	0.442
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	0.012426		-0.16337	-0.0053	0.183	0.027
سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	0.087854	-0.05673		0.365092	0.527	0.923
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.000654	-0.0022	0.435302		0.442	0.875

اثر غیرمستقیم سرعت پُرشدن دانه از طریق وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته به‌ترتیب برابـر بـا مقـادیر ۰/۰۱۳۰، ۰/۰۰۰۵۵ و ۰/۲۴۳ به‌دست آمد. همبســتگی صـفت تعداد دانه در بوته با عملکرد ۰/۹۲۳ بود که از این مقـدار سـهم اثر مستقیم ۰/۲۶۹ بود. اثر غیرمستقیم تعـداد دانـه در بوتـه از طریق وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانـه و سـرعت پُرشـدن دانـه بـه‌ترتیـب برابـر بـا مقـادیر ۰/۰۱۳۸۳-، ۰/۰۳۱۶ و ۰/۶۳۴۶ محاسبه شد. همچنین همبستگی صفت دوره پُرشـدن دانـه بـا عملکرد ۰/۲۴۹ بود که سهم اثر مسـتقیم ۰/۱۸۴ بـود و اثـرات غیرمستقیم سهم اندکی را به خود اختصاص دادند. همبسـتگی وزن۱۰۰دانه با عملکرد ۰/۱۸ بود که مقدار ۰/۰۹۱ از آن سـهم اثر مستقیم این صفت بر عملکرد می‌باشد (تقریباً معـادل نیمـی از همبستگی). همچنین اثر غیرمستقیم وزن۱۰۰دانه از طریـق سایر صفات نیز نیم دیگر همبستگی را توجیه نمود. در تحقیـق حاضر اثر غیرمستقیم دوره پُرشدن دانه از طریق سرعت پُرشدن دانه بر عملکرد گیاه نخود در شرایط شاهد (۰/۱۶۳-) منفی بود که مؤید مطلب فوق است، اما در شرایط تنش خشکی ایـن اثـر مثبت به‌دست آمد. البته همان‌طور که مشخص است، مقدار آن بسیار کوچک و قابل چشم‌پوشی است و می‌تـوان آن را معـادل صفر درنظر گرفت.

جدول ۷- نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی

Table 7. Results of pathway analysis under drought stress condition

	وزن۱۰۰دانه **100 seed weight**	دوره پُرشدن دانه **Seed filling period**	سرعت پُرشدن دانه **Seed filling rate**	تعداد دانه در بوته **Number of seed per plant**	اثر مستقیم **Direct effect**	همبستگی **correlation**
وزن۱۰۰دانه 100 seed weight		0.02852	0.100386	-0.04089	0.091	0.18
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	0.014105		0.002106	0.046268	0.184	0.249
سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	0.01301	0.000552		0.243176	0.702	0.959
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	-0.01383	0.031648	0.634608		0.269	0.923

نموّ بذری که به عنوان عملکـرد اقتصـادی یـک محصـول درنظر گرفته می‌شود، دارای دو مرحله سـرعت پُرشـدن دانـه و دوره پُرشدن دانه می‌باشـد (Kafi & Mahdavi Damghni, 2000). سرعت پُرشدن دانه در کنترل عوامـل ژنتیکـی و مـدت پُرشدن دانه بیشتر تحت تـأثیر محـیط اسـت. همچنـین نتـایج پژوهش دیگری نشان داد که سـرعت پُرشـدن دانـه مهـم‌تـرین خصوصـیت یـک ژنوتیـپ در دوره پُرشـدن دانـه مـی‌باشـد (Stallknecht. *et al*., 2001). در این پژوهش مشـخص شـد که بین سرعت پُرشدن دانه و مدت پُرشـدن دانـه رابطـه منفـی برقــرار اســت. طبــق گــزارش دیگــری (Mohammadali-Pouryamchi *et al*., 2012) تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانـه دارد.

در مطالعه‌ای روی ۳۶۰ ژنوتیپ نخود زراعی نشان داده شد که صفات تعداد غلاف در بوته (۰/۷۴۵)، تعداد دانه در بوته (۰/۳۸۶) و وزن۱۰۰دانه (۰/۲۶۸) دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بودند (Farshadfar *et al*., 2008). طبق تحقیقی که روی برخی ارقام نخود انجام گرفت، روند پُرشدن دانه در حالت آبیاری کامل ۲۰روز اول رشد سریع نمایی به خود می‌گیرد و پس از آن تقریباً به‌صورت خطی تا روز ۶۰ ام ادامه می‌یابد، ولی در هنگام تنش خشکی وزن دانه به سرعت در ۲۰روز اول افزایش می‌یابد و پس از آن تقریباً ثابت می‌ماند، درنتیجه سرعت پُرشدن دانه مهم‌ترین عامل در تعیین متوسط وزن دانه در شرایط تنش به حساب می‌آید (Mansourifar *et al*., 2012). در واقع ژنوتیپی که بتواند دوره پُرشدن دانه را زودتر تمام کند، در رقابت برای انتقال سریع مواد به دانه و تکمیل فرآیند پُرشدن دانه، موفق‌تر ظاهر می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد که سرعت پُرشدن دانه را می‌توان به یکی از پارامترهای مهم و ارزشمند در فرآیند تولید ارقام جدید نخود به حساب آورد. بررسی روند پُرشدن دانه در ارقام مقاوم و حساس به خوبی بیانگر این مطلب است که ارقام مقاوم در ۲۰روز اول دوره پُرشدن دانه سرعت فعالیت بسیار بالایی از خود نشان می دهند و پس از آن روند پُرشدن دانه در آن‌ها متوقف می‌شود، درحالی‌که در ارقام حساس، روند پُرشدن دانه تقریباً خطی است و تا روز ۶۰ ادامه می‌یابد.

منابع

1. FAO. 2014. http://faostat.fao.org
2. Farshadfar, M., and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces and lines. Journal of Applied Science 8(21): 3951-3956.
3. Fayyaz, F., and Talebi, R. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Research 7(1): 135-141. (In Persian with English Abstract).
4. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80.
5. Guler, M., Adak, M.S., and Ulukan, H. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 14: 167-166.
6. Hassan, S.E., and Khaliq, I. 2008. Quantitative inheritance of some physiological traits for spring wheat under two different population density. Pakistanian Journal Botany 40: 581- 587.
7. Jaleel, C.A., Manivannan, P., wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and panneerselvarm, R. 2009. Drought stress plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.
8. Kafi, M., and Mahdavi Damghni, A. 2000. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Pp, 467. (In Persian with English Abstract).
9. Kakaii, M., Moosavi, S.S., Abdolahi, M.R., and Farshdfar, A. 2015. Genetic diversity and heritability of yield and yield components in chickpea. Corp Production and Process Journal 5(16): 271-280. (In Persian with English Abstract).
10. Kanouni, H. 2016. Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(1): 163-155.
11. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationship between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conations. Iranian Journal of Crop Sciences 5(3): 185-194. (In Persian with English Abstract).
12. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and Sohrabi, Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science: 4(8): 580.
13. Mallu, T.S., Mwangi, S.A., Nyende, A.B., Eanga Rao, N.V., Odeny, D.A., Rathore, A., and Kumar, A. 2015. Assessment of genetic variation and heritability of agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 6(1): 77-88.
14. Mansourifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S.H. 2012. Assessment of grain filing trend in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought condition. Iranian Journal of Pulses Research 10(3): 591-602.

15. Meena, H.P., Jokumar, H.D., Upadhyaya, C., Bharadwaj, S.K., chauhan, A., Verma, K., and Rizvi, A.H. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. Sat Journal 8: 1-5.
16. Mohammadali-Pouryamchi, H., Bihamta, M.R., Peighambari, S.A., and Naghavi, M.R. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components of Kabuli chickpea genotypes Iranian Journal of Crop Sciences 14 (3): 202-217. (In Persian with English Abstract).
17. Moucheshi, A., Heidari, B., and Dadkhodaie, A. 2010. Genetic variation and agronomic evaluation of chickpea cultivars for grain yield and its components under irrigated and rain fed growing conditions Iran Agricultural Research 29(1-2). (In Persian with English Abstract).
18. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 53(1): 47-56.
19. Rehman, A.U., Malhotra, R.S., Bett, K., Tar'an, B., Bueckert, R., and Warkentin, T.D. 2011. Mapping QTL associated with traits affecting grain yield in chickpea under terminal drought stress. Crop Science 51(2): 450-463.
20. Singh, K.B, Geletu, B., and Malhotra, R.S. 1990. Association of some characters with seed yield in chickpea collection. Euphytica 49: 83-88.
21. Stallknecht, B., Perry, M., Karnes, N.N., Bussan, A.J., and Rlesselman, J. 2001. Growing Chickpeas in Montana. Site of Bozeman University.
22. Subnashchandra, B., Lohithaswa, H.C., Desai, A.S., and Hanchinal, R.R. 2009. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgress ire segregation inter raploid wheat. Karnataka Journal of Agriculture Science 22: 36-38.
23. Tabasum, A., Saleem, M., and Aziz, I. 2010. Genetic variability, trait association and path analysis of yield and yield components in mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek). Pakistan Journal of Botany 42(6): 3915-3924.
24. Teng, S., Qian, Q., Zeng, D., Kunihiro, Y., Fujimoto, K., Huang, D., and Zhu, L. 2004. QTL analysis of leaf photosynthetic rate and related physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 135(1): 1-7.
25. Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., and Rucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.
26. Zali, H., Farsadfar, E., and Sabaghpour, S.H. 2011. Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Crop Breeding Journal 1(2): 127-132.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 12-23 (Research Article)

Study of genetic parameters and relationships between agronomic and physiological traits in Kabuli type chickpea genotypes under drought stress

Afzali[1], H., Mohayeji[2*], M. & Farhbakhsh[3], H.

1. MSc. Student of Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman, h.afzaligorouh@gmail.com
2. Assistant Professor of Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman
3. Associated professor of Agronomy, Shahid Bahonar University of Kerman, hfarahbakhsh@uk.ac.ir

Received: 31 July 2017
Accepted: 3 December 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66470

Introduction

Chickpea is one of the most important protein producing crops in the world and drought is the greatest limiting factor for its growth. In addition, chickpea plays crucial role in soil fertility because of the nitrogen fixation in its roots. The chickpea is mostly_grown in semi-arid and arid zones or in the rain fed condition. Hence, more than 90% of chickpea growing area is drought prone. Under such conditions, usually the last part of reproductive phase of chickpea, faces water deficiency. Generally terminal drought stress is responsible for reduction in yield and biomass as well as physiological traits such as CO_2 assimilation, stomatal conductance, transpiration rate, membrane stability index (MSI) and water use efficiency (WUE). In this condition, stress avoidance ability, tolerance or stress escape is essential for drought resistance. Significant genetic variation exists in chickpea germplasms for terminal drought stress. Nowadays, different breeding methods used for improving chickpea drought tolerance such as Marker assisted selection, omics and mutation breeding. Besides these techniques, enough information about traits affected by drought stress, their genetic parameters and relationships with economic yield is necessary for breeding programs.

Materials & Methods

According to estimation of genetic variation, heritability and relationships between agronomic, morphological and physiological traits, 64 Kabuli type chickpea genotypes were sown under two normal and terminal drought conditions in two-separated 8×8 lattice design in Shahid Bahonar University of Kerman during 2015-2016 growing season. Normal irrigation applied until flowering stage. Water withdrawing was done at 50% of flowering stage. Agronomic traits such as days to secondary branch, days to flowering, days to maturity, plant height, leaflet numbers, seed yield, yield components, harvest index, seed filling period, seed filling rate measured. Chlorophyll content measured by the SPAD chlorophyll meter. Stomatal conductance and net photosynthesis were measured by CI-340 Handheld Photosynthesis System apparatus from Bio-Science Company. Data was analyzed by SPSS ver. 22. Estimation of genetic parameters and path analysis were performed for all significant traits in both normal and terminal drought stress.

Results & Discussion

Analysis of variance for genotypes determined significant differences for day to secondary branch, day to flowering, day to pod setting, 100 seed weight and seed filling period in normal condition. Genotypes showed significant difference for all traits except number of seeds per pod, biological yield, seed filling rate and the SPAD index in stress condition. According to the results of genetic parameter estimation for normal condition the highest amount of CVg was belonged to seed filling period, leaflet number and 100 seed weight, which were 11.1, 9.13 and 8.4, respectively. The highest amount of heritability in normal condition also was belonged to days to flowering and days to secondary branch, which were 68.47 and 68.44, respectively. The highest amount of CVg obtained in terminal drought condition for stomatal conductance and net photosynthesis, were 33.14 and 31.76 respectively. Stomatal limitation and reduction in photosynthesis are the most important factors for loss of yield during stress condition. Therefore, the usage of

***Corresponding Author:** mohayeji@uk.ac.ir

mentioned genetic diversity may improve future breeding program for drought condition. However, marker assisted selection methods might be helpful, according to moderate heritability of these traits (29.58 and 24.08, respectively). Result of path analysis in normal condition determined that seed-filing period had the most magnitude direct effect (0.527) and the large indirect effect (0.365) via number of seeds per plant on seed yield. The highest amount of direct effect (0.702) on seed yield belonged to rate of filling in drought condition as well. It seems that during terminal progressive drought stress, the ability of filling the seed rapidly is the key trait for tolerant genotypes according to limitation in the seeds filling period.

Conclusion

Terminal drought stress is one of two reasonable factors reducing chickpea yield. The result of analysis of variance for genotypes indicated significant differences for days to secondary branch, days to flowering, days to pod setting, 100 seed weight and seed filling period in normal condition. In addition to mentioned traits, significant difference was achieved for days to maturity, seed yield, and number of pods per plant, harvest index, net photosynthesis and stomatal conductance. The highest amount of CVg belonged to seed filling period, leaflet number and 100 seed weight. However, highest CVg belonged to stomatal conductance and net photosynthesis in drought stress condition. In practice, relatively high genetic variation for these traits might be a new insight for improving drought tolerance in chickpea. The high direct and indirect effects of seed filling rate on seed yield in path analysis suggested a strong relationship between these characters. Moreover, the magnitudes of both direct and indirect effect of seed filling rate via number of seed per plant were increased during stress condition. According to the results, some physiological traits such as stomatal conductance, net photosynthesis and seed filling rate might be valuable in future breeding programs.

Keywords: Heritability, Net photosynthesis, Stomatal conductance, Terminal Drought Stress